

Список литературы

1. Карабасов Ю. С. Сталь на рубеже столетий. М. : МИСиС, 2001. 664 с.
2. Вегман Е. Ф. Краткий справочник доменщика. М. : Металлургия, 1981. 240 с.
3. Мухин И. Н. Оборудование сухого тушения кокса. Харьков : Книжное изд-во, 1962. 342 с.

УДК 536.7

Дубро А. Е., Жаровцев Р. Д.
Тюменский государственный архитектурно-строительный университет
valiyullinaa@yandex.ru

ЦИКЛ МАЙСОЦЕНКО. РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛА

Название цикл Майсоценко (М-цикл) получил от своего создателя – доктора наук Валерия Степановича Майсоценко, в настоящее время проживающего в городе Денвер (штат Колорадо, США).

Цикл Майсоценко и области его применения его защищены более чем 200 патентами во всем мире. Впервые технология на основе цикла Майсоценко была доказана и реализована на рынке компанией «*Coolerado Corporation*» (Денвер, Колорадо), производящей несколько типов кондиционеров. Национальной Лабораторией источников возобновляемой энергии США (*NREL*) подтверждено, что кондиционеры, производимые этой компанией, более чем на 90 % эффективнее традиционных систем кондиционирования.

Воздух из области высокого атмосферного давления перемещается в зону низкого атмосферного давления. При искусственном увлажнении воздуха можно создать зону низкого давления, которая, в свою очередь, вызовет появление искусственного ветра. Если при этом разделить сухой и влажный потоки таким образом, чтобы избежать явления массообмена между ними, то такой искусственный ветер будет постоянен. Получив искусственный ветер, мы получим рабочее тело, которое будет выполнять работу по кондиционированию воздуха.

В настоящее время ведутся разработки технологий использования М-цикла для улучшения конструкций градирен электростанций при помощи дополнительного охлаждения, усовершенствований тепловых насосов и водонагревателей, систем охлаждения воздуха на входе в компрессор ГТУ, энергетических башен, подобных башне Заславского, но работающих по М-циклу. Подобные разработки требуют большого количества материальных и интеллектуальных вложений. Хотя эти разработки являются очень многообещающими, но пока существуют только на бумаге.

Вначале необходимо сформировать теоретическую базу, а так как доступ к основной информации о практическом применении цикла закрыт, то для получения достоверных данных необходимо будет провести экспериментальные исследования, предварительно спроектировав и разработав конструкцию экспе-

риментальной установки. Полученные данные позволят спроектировать реальный кондиционер, использующий исследуемый цикл, для работы в климатических условиях Западной Сибири. В данной работе предлагается свой вариант установки, в основу которой положен теплообменный аппарат Майсоценко или НМХ (Heat & Mass Exchange) (рис. 1).



Рис. 1. Принципиальная схема установки

Приведем первоначальные расчеты геометрических параметров наиболее простого варианта теплообменника, работающего по принципу, аналогичному теплообменнику Coolerado.

Атмосферный воздух подается в два отдельных канала, один из которых сухой – рабочий, из него воздух попадает во влажный канал, где насыщается влагой, вследствие чего происходит испарительное охлаждение, и стенки влажного канала достигают температуры, близкой к температуре мокрого термометра, на выходе – уже из влажного канала, мы имеем насыщенный воздух. Во второй канал подается сухой охлаждаемый воздух, его температура понижается до температуры стенки влажного канала, с которой он контактирует, после чего подается в охлаждаемое помещение. Температура на выходе из сухого охлаждаемого канала зависит от его геометрических параметров, необходимо установить, какими должны быть площадь поперечного сечения и длина каналов, для того чтобы сухой воздух успел отдать необходимое количество теплоты через стенку во влажный канал.

Примем исходные данные для проведения расчетов параметров установки, найдем зависимость между длиной канала и температурой охлажденного воздуха. Средняя температура в жаркие месяцы составляет около $= 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура на входе), относительная влажность $\varphi = 60\%$, принимаем теплоемкость воздуха $C_{\text{рв}} = 1,005\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, а его плотность $\rho = 1,1665\text{ кг}/\text{м}^3$. Температура мокрого термометра – это табличное значение, зависящее от температуры t_1 и влажности φ , она равна $t_{\text{м}} = 21,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура охлажденного воздуха

на выходе будет иметь близкое к t_m значение, $t_2 = 21,4$ °С. Примем скорость потока $v = 10$ м/с, используем канал в форме трубки диаметром $D = 0,01$ м.

Найдем массовый расход M в сухом охлаждаемом канале.

$$M = \frac{\pi D^2}{4} \cdot v \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 0,01^2}{4} \cdot 10 \cdot 1,1665 = 0,000916 \text{ кг/с};$$

Рассчитаем количество теплоты Q , отбираемой у воздуха при охлаждении от t_1 до t_2

$$Q = M \cdot C_{\text{pv}} \cdot \Delta t = 0,000916 \cdot 1,005 \cdot 8,6 = 7,9144 \text{ кВт};$$

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 30 - 21,4 = 8,6 \text{ °С};$$

$$\theta = \frac{\Delta t}{\ln \frac{t_1 - t_m}{t_2 - t_m}} = \frac{8,6}{\ln \frac{8,6}{0,1}} = 1,9257 \text{ °С}.$$

Находим коэффициент теплоотдачи α :

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{D};$$

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,93};$$

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{10 \cdot 0,01}{16,2} = 6242,19,$$

где ν – кинематическая вязкость воздуха, $Pr = 0,701$ – число Прандтля, $\lambda = 0,0267$ Вт/(м·К) – коэффициент теплопроводности воздуха, Nu – число Нуссельта, Re – число Рейнольдса.

$$Nu = 0,021 \cdot 6242,19^{0,8} \cdot 0,701^{0,93} = 16,406;$$

$$\alpha = \frac{16,406 \cdot 0,0267}{0,01} = 43,804 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Найдем площадь поверхности теплообмена H :

$$H = \frac{Q}{\alpha \cdot \theta} = \frac{7,9144}{43,804 \cdot 1,9257} = 0,093 \text{ м}^2.$$

Отсюда выражаем длину трубки l :

$$l = \frac{H}{2\pi R} = \frac{0,093}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,005} = 2,99 \text{ м.}$$

На основании полученных данных строим график зависимости $l - t_2$ (рис. 2).

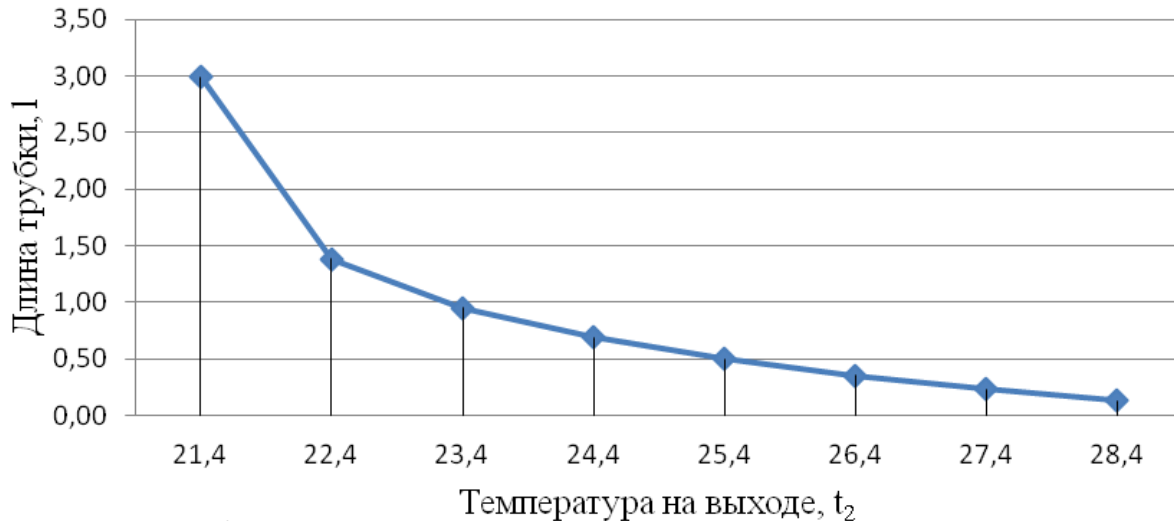


Рис. 2. Зависимость длины трубки от температуры на выходе

Для получения необходимых данных на установке должны быть контрольно-измерительные приборы: термометры на входе и выходе, расходомеры для каждого из каналов, а также расходомер воды, поступающей для увлажнения стенок трубки влажного канала. Принципиальная схема установки контрольно-измерительных приборов представлена на рис. 3.

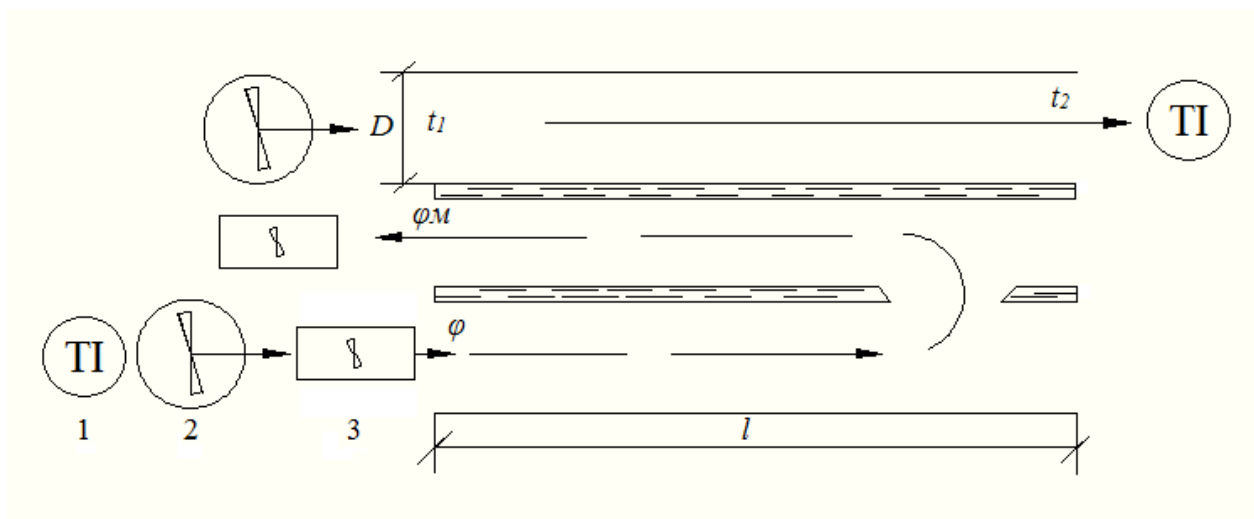


Рис. 3. Принципиальная схема экспериментальной установки:
1 – термометр; 2 – осевой вентилятор; 3 – расходомер турбинный

В сухой рабочий канал воздух подается с относительной влажностью $\phi = 60 \%$, а покидает насыщенным, с $\phi_n = 100 \%$. При данной температуре и влажности 60 % кубический метр воздуха содержит 21 грамм воды, при 100 % – около 30 грамм (табличные значения). Соответственно для насыщения от 60 до 100 % необходимо отдать каждому кубометру 9 грамм воды.

$$M = 0,000916 \text{ кг/с};$$

$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{0,000916}{1,1665} = 0,000785 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Этот объем воздуха удаляет из системы количество воды m , равное:

$$m = 0,000785 \cdot 9 = 0,00706 \text{ г/с}.$$

$$m = 0,00706 \cdot 3600 = 25,4 \text{ г/ч}.$$

Таким образом, мы можем получить данные, при анализе которых можно прогнозировать качество работы систем кондиционирования, основанных на подобном принципе в климатических условиях РФ.

В дальнейшем необходимо рассмотреть различные варианты установок – увеличение площади теплообмена за счет оребрения поверхностей, вертикальное и горизонтальное расположение каналов, изучить материалы и выбрать наиболее подходящие. Также можно экспериментировать с использованием компрессоров, нагревательных элементов и осушителей воздуха для контроля влажностей и расходов.

Потенциальные возможности М-цикла еще только предстоит раскрыть, в ходе его дальнейшего изучения и проведения экспериментов.

Список литературы

1. Цикл Майсоценко // Горизонт. Денвер, шт. Колорадо, США. № 4 (689). 25 января 2013 г.
2. Халатов А. А. Цикл Майсоценко и перспективы его использования в Украине: материалы Международной конференции «UKR-POWER 2012». Киев, 2012.
3. Трейгер И. Путь к изобилию энергии найден через цикл Майсоценко [Электронный ресурс] // Информационно-аналитическое сетевое издание, 2011. URL: <http://russiandenver.50megs.com/eneriya.htm/> (дата обращения: 27.10.2014).
4. Лемыш А. От этой науки то жарко, то холодно [Электронный ресурс] // Литературно-художественный портал. URL: <http://www.chitalnya.ru/work/814204/> (дата обращения: 31.05.2013).
5. Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика. М. : Издательский дом МЭИ, 2008. 495 с.
6. Нестеренко А. В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. М. : Высшая школа, 1971. 170 с.